

## **Izotópanalitika alkalmazásának lehetőségei a Felső-Tisza-vidéki holtmedrek vízpótlásának meghatározásában**

***Babka Beáta***

*Debreceni Egyetem  
Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék  
4032 Debrecen, Egyetem tér 1.  
[babkabea@gmail.com](mailto:babkabea@gmail.com)*

### **1. Bevezetés**

A Tisza Magyarország második legnagyobb folyójaként fontos szerepet tölt be hazánk életében és alapvető fontosságú, hogy helyes képet kapjunk környezete állapotáról. Manapság igen gyakran lehet hallani a Tisza és a folyót kísérő holtmedrek környezetvédelmi problémáiról. A holtmedrekkel kapcsolatos fontos és átfogó munkák közül Braun (1998), Pálfi (2001) és Wittner et al. (2004, 2005) tanulmányait kell megemlíteni.

A Tiszára az egyik legnagyobb hatással a folyószabályozások voltak. A természetes lefűződés mellett mesterséges úton is számos holtmedret alakítottak ki. A holtmedreket két csoportra oszthatjuk: a gát és a folyó között elhelyezkedőket hullámtéri, a gáton kívül találhatóakat pedig mentett oldali holtmedreknek nevezzük. Számuk az általam vizsgált szakaszon – az országhatár és Tokaj között – több mint 90.

A Tisza évente többször is kilép a medréből (hóolvadás vagy nagyobb esőzések alkalmával) és elárasztja a gáton belüli területeket. Ezzel a hullámtéri holtmedreket is feltölti, vizüket megújítja. Vízutánpótlásuk azonban nemcsak az árhullámokból valósul meg, hanem feltételezhető, hogy többük esetében (nagyvízi helyzetben) a régi folyómedrek kavicsos, nagy vízvezető képességű rétegein keresztül akár felszín alatti hozzászivárgás, valamint a csapadék szerepe is elképzelhető. Tehát a holtmedrek izotópos vizsgálatai alapján képet kaphatunk a vizek eredetéről és állapotáról is.

E kutatással célunk az, hogy minél átfogóbb képet kapjunk a Felső-Tisza-vidék holtmedreinek állapotáról, azok minőségéről és közvetve a vízpótlásukról. Megvizsgáljuk a Tisza országhatár (Tiszabecs) és Tokaj közötti szakaszán a folyóból és a holtmedrekből vett vízmintákat izotópanalitikai szempontból.

### **2. Vízutánpótlás vizsgálata izotópanalitika módszerekkel**

Az elemek nagy részének több stabil izotópjuk is létezik. Ezek az izotópok különböző gyakorisággal fordulnak elő. Mivel tudjuk, hogy az elemek kémiai tulajdonságait elektronhéjuk szabja meg, a klasszikus kémia az azonos elemek különböző izotópjából felépülő molekulákat ( $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ ,  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $^1\text{H}^2\text{H}^{18}\text{O}$ ) azonosnak tekinti, azonban relatív tömegkülönbségük jól mérhető különbséget okoz fizikai tulajdonságaikban. Ugyanis a különböző izotópokból felépülő molekulák nem egyformán viselkednek a különböző fizikai és kémiai folyamatokban (Svingor és Balogh 2003). Ezek a kis különbségek tömegspektrométerrel jól kimutathatók.

Az izotóparány a ritkább (nehezebb) izotóp mennyisége a gyakoribb (könnyebb) mennyiségéhez viszonyítva. Azt a folyamatot, amikor különböző fizikai, kémiai, vagy biológiai folyamatok során megváltozik az elem izotópjainak aránya, izotópfractionálódásnak nevezzük (Schoeller és Coward 1990). A kémiai reakció során a könnyebb izotóp a reakciótermékben dúsul, nem egyensúlyi folyamat esetén a visszamaradó anyag egyre „nehezebb” lesz. Tehát a könnyebb molekulák mozgékonyabbak, mint a nehezebbek, vagyis

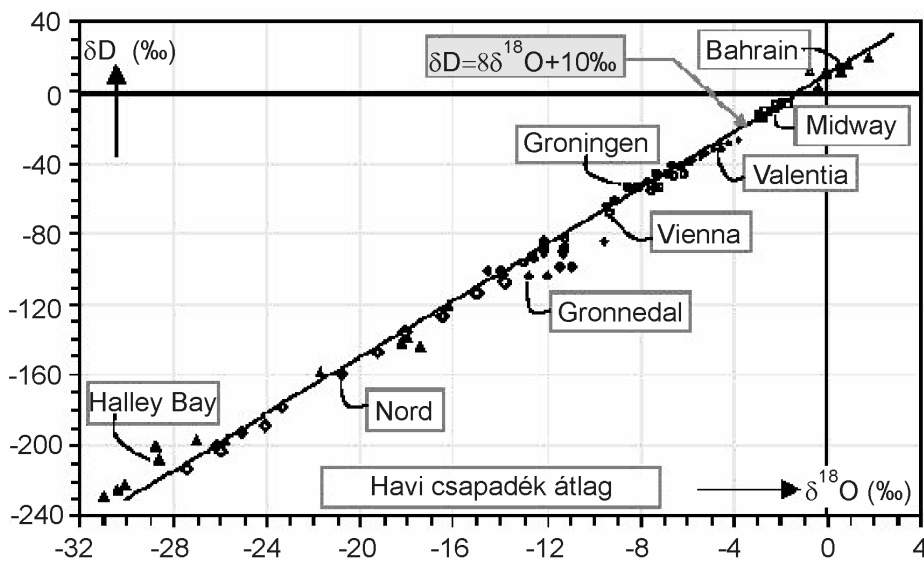
pl. párolgás esetén először nagyobb valószínűséggel a „könnyebb” molekulák párolognak el. (Clark és Fritz 1997).

A mérések során az izotóparány-eltolódást ( $\delta$ ) vizsgáljuk, mely egy nemzetközileg elfogadott standardra, azaz a H és O esetében óceánvízre (VSMOW – Vienna Standard Mean Ocean Water) vonatkoztatott ezrelékekben kifejezett izotóparány. A  $\delta$  értéket a következőképpen számíthatjuk ki:

$$\delta (\text{‰}) = \frac{R_{\text{minta}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} * 1000$$

ahol  $R_{\text{minta}}$  és  $R_{\text{standard}}$  a minta és a standard azonos körülmények között mért izotóparányai. Tehát a delta érték azt jelenti, hogy a vizsgált mintáink hány ‰-kel tartalmaznak többet (pozitív érték), vagy kevesebbet (negatív érték) az adott elem nehezebb izotópjából, mint a standard. A standard izotóparányait nemzetközi összemérésben határozták meg a Potamac folyó torkolatánál vett vízminta hidrogén- és oxigénizotóp-arányai alapján.

A víz útjának nyomon követésére az oxigén és hidrogén izotóparányainak változása nyújt segítséget (Schoeller 1990). A Földön található víz nagyrészt csapadék eredetű. Mivel az adott helyen felszín alá szivárgott víz megőrzi eredeti izotóparányait, a vizek  $\delta D$  és  $\delta^{18}O$  értékei az adott víz eredetéről tanúskodnak.



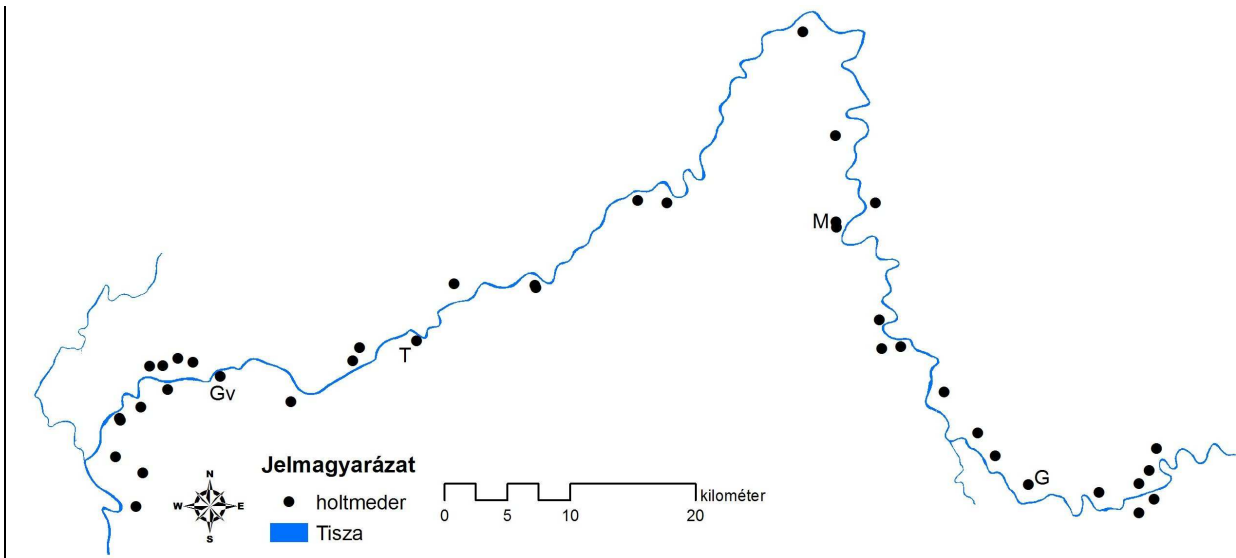
2. ábra. Egyetemes csapadékvonal (GMWL)

Ha a Föld különböző pontjain vett vízmintákon mért  $^2H$  (D) izotóparány-eltolódását ábrázoljuk a  $^{18}O$  izotóparány-eltolódásának függvényében, akkor egyenest kapunk (Craig 1961). Ez az egyenes a GMWL (Global Meteoric Water Line), azaz egyetemes csapadékvonal, egy tapasztalati görbe, melyre az egész világon bárhol vett vízminták eredményei többé-kevésbé illeszkednek (2. ábra) Mivel kis eltérés mindenhol tapasztalható, helyi csapadékvonalak is kimérhetők.

### 3. Módszerek és mintaterület

Munkánk során a Tiszából 8 helyről és 45 holtmederből (1. ábra) gyűjtöttünk be felszíni vízmintákat összesen 3 alkalommal: 2005 októberében, 2006 májusában és 2006. augusztus végén. Majd 2008 augusztusában sikerült sorozatmintát vennünk az áradó Tiszából, közvetlenül a tetőzés után. 2008 novemberében négy hullámtéri holtmedret kiválasztva

(Gávavencsellő, Tiszahát, Mezőladány és Gulács településeknél) részletes vizsgálatokba kezdtünk: mind a négy holtmeder esetében monitoringkutakat fúrtunk a már elhagyott mederrészben, valamint a holtmeder és a Tisza között. A kutakból, a holtmedrekből és a Tiszából is mintát vettünk.



1. ábra. A mintavételi pontok a Felső-Tisza-vidéken  
 Gv: Gávavencsellő, T: Tiszahát, M: Mezőladány, G: Gulács

A vízmintákat stabilizotóp-arány meghatározásnak vetettük alá, mert ennek segítségével következtethetünk a vizek korára, a párolgás mértékére, így eredetükre is. Megvizsgáltuk az izotóparány-eltolódást ( $\delta$ ) a  $^{18}\text{O}$  és a D ( $^2\text{H}$ ) esetében. Erre az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriumában (HEKAL) került sor.

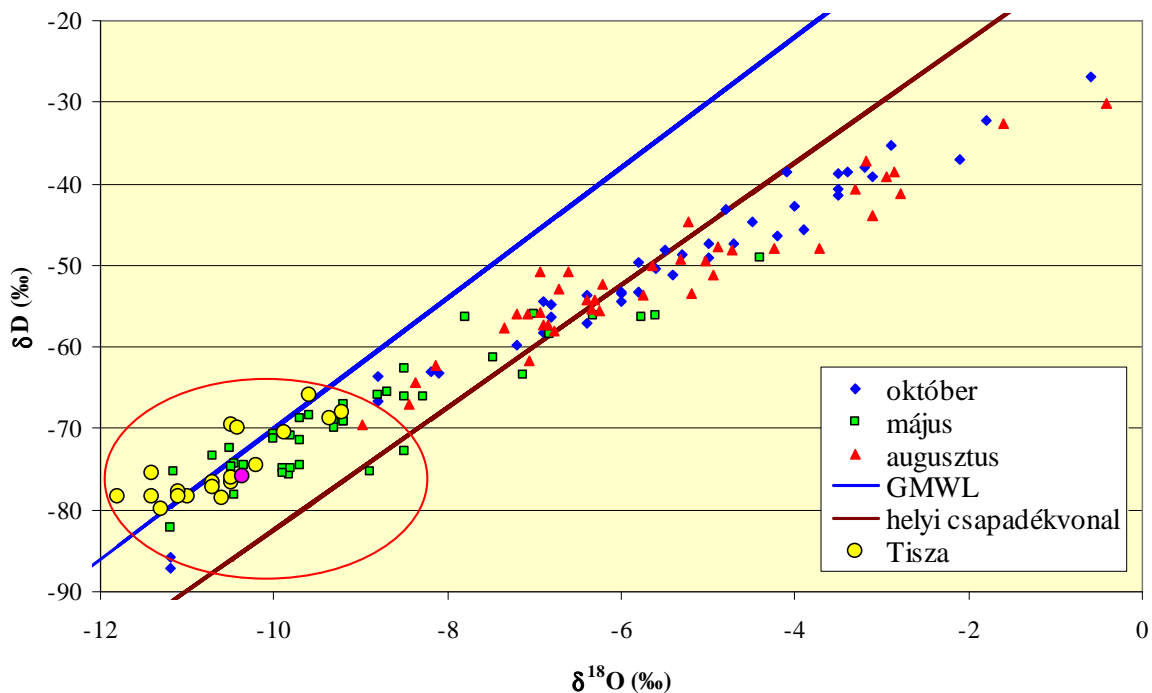
Az eredmények értékelése során célul tűztük ki, hogy megállapításaink egy részét statisztikai módszerrel is igazoljuk. Ehhez az SPSS 15.0 programot használtuk. Ward módszer segítségével klaszteranalízist hajtottunk végre: külön-külön mindhárom mintavétel  $\text{d}^{18}\text{O}$  és  $\text{dD}$  adatainak felhasználásával a holtmedrekből klasztereket alakítottunk. Az osztályozás helyességét diszkriminancia analízissel ellenőriztük. Ezt követően megvizsgáltuk, hogy ezekben a klaszterekben az egyes mintavételekkel mért izotóparány-eltolódások milyen összefüggést mutatnak.

#### 4. Eredmények

A Tiszáról már számos kutatást végeztek, így izotópanalitikai szempontból is megvizsgálták. A korábbi évek mérései alapján a Tisza vizéből származó mintákról megállapították, hogy stabilizotóp-arányai jellegzetesen szűk határok között mozognak (Fűrj 2005), így az általunk vett minták esetében könnyen meg lehet mondani, hogy tényleg Tisza-vízről van-e szó. A Tisza vizének legjelentősebb forrása a magashegységekben lehullott hó elolvadása, valamint a csapadék. Mivel a hó delta értéke valamivel negatívabb az esőénél, hóolvadáskor kissé negatívabb értéket kaphatunk vizsgálataink során. Azonban a magyarországi esők, a stabilizotóp-arányaik alapján, nem okoznak kimutatható változást a Tisza esetében.

Ha a szokásos formában ábrázoljuk az izotóparány-eltolódásokat, azaz a  $\delta\text{D}$  értékeket a  $\delta^{18}\text{O}$  értékeinek függvényében (3. ábra), érdekes következtetéseket vonhatunk le. Ezen az ábrán eltérően ábrázoltuk az októberi, májusi és augusztusi holtmeder minták eredményeit, de

a Tisza vizéből vett minták eredményeit nem választottuk szét hónapokra, mert mindhárom alkalommal nagyon hasonló értékeket kaptunk. Az ábrán segítségünkre van még az egyetemes csapadékvonal (GMWL) és a helyi csapadékvonal is. A helyi csapadékvonal esetében a Debrecenben 2001. január 1. és 2004. január 1. között hullott havi csapadék izotóparányainak átlagai alapján számolt, az ATOMKI HEKAL korábbi méréseiből előállított helyi csapadékvonalat használtuk. Ez a csapadékvonal a kis távolság miatt jó közelítéssel a Felső-Tisza-vidékre is érvényes. A Tisza vizének eredményei az egyetemes csapadékvonalon helyezkednek el, mely olvadékvíz eredetre enged következtetni, míg a holtmedrek eredményei megközelítőleg a debreceni csapadékvonal közelében találhatók, ami helyi csapadék eredetre, az októberi-májusi, illetve a májusi-augusztusi mérések eltérése pedig gyenge bepárlódásra utal (valamennyi izotóparány a helyi csapadékvonalhoz képest is pozitív irányba tolódott el). Ha a Tiszából közvetlenül származna a holtmedrek vize, a folyamatos vízutánpótlás miatt nem térnének el a holtmedrek és a Tisza vizének eredményei, tehát nem tapasztalhatnánk bepárlódást.



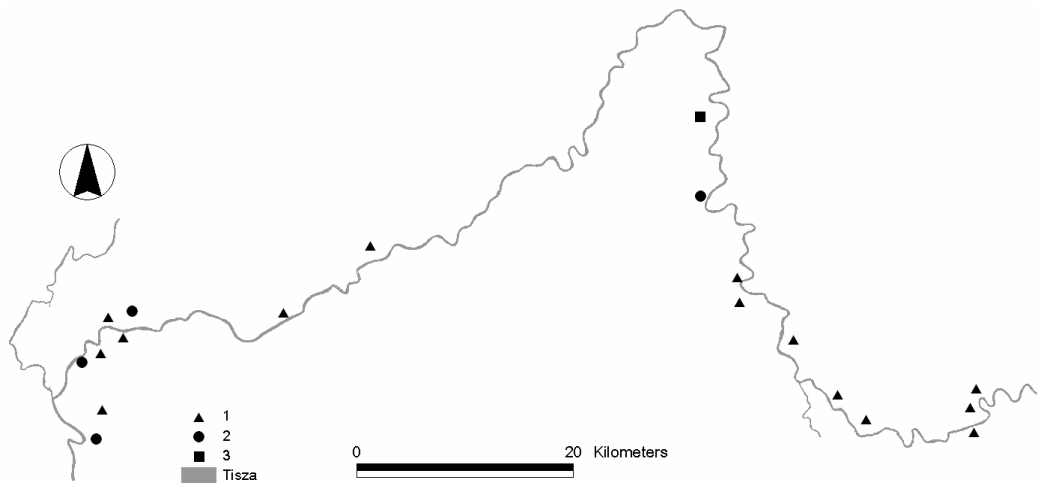
3. ábra. A minták izotóparány-eltolódásai

A 3. ábrán jól elkülönülnek a hullámtéri és a mentett oldali holtmedrek a 2006 tavaszi áradást követő mintavételi időszakban. A bekeretezett májusi adatpontok a hullámtéri holtmedrekből származnak, láthatjuk, hogy a Tisza a vizüket az áradás során megújította. A bekeretezett részen kívüli májusi pontok mentett oldali holtmedrek, melyek izotóparányai sokkal pozitívabbak a hullámtéri holtmedreknél, melyből arra következtethetünk, hogy vizük jobban bepárlódott, vagyis nem frissült a Tisza áradásával, csak csapadékvíz és felszíni összefutó vizek által. Ezt az is igazolja, hogy az olvadt hó delta értéke kissé negatívabb az esővénél.

Klaszteranalízis segítségével az októberi és augusztusi mintavétel esetében 3-3, illetve a májusi mintavétel esetében 2 osztályt alakítottunk ki. Az ellenőrzés során a diszkriminancia analízis 97% (október), 94% (május) és 97% (augusztus) pontosságot hozott, vagyis az

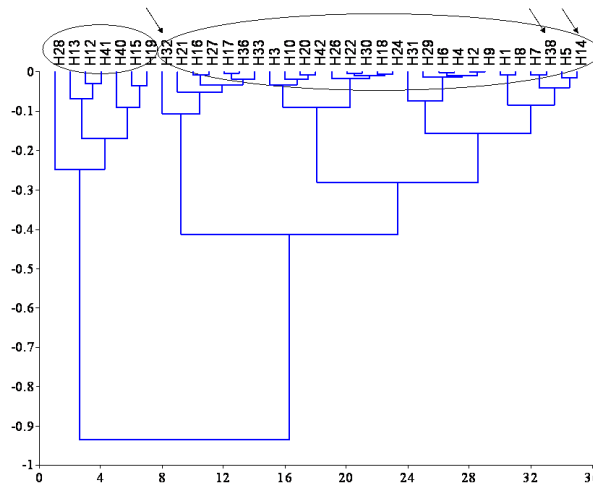
osztályok statisztikailag megállják a helyüket. A következő lépésben jelentést adtunk az egyes osztályoknak.

Az augusztusi és októberi minták osztályba sorolásának eredménye kissé eltér egymástól. Közülük a legkevésbé bepárlódott klaszterek 77%-ban, az átmenetiben 50%-ban és a leginkább bepárlódottak 60%-ban egyeznek meg. Ez természetes, mivel a mintavétel nem ugyanabban az évben történt, és a tiszai áradások sem, valamint a csapadék- és párolgásviszonyok sem voltak ugyanolyanok. Vagyis az egyes holtmedrek átrendeződése az átmeneti és bepárlódott (valamint kisebb arányban a nem bepárlódott) csoportok között természetesnek tekinthető. A jelenlegi vizsgálatok alapján úgy véljük, hogy azok a holtmedrek képezik a stabil besorolásúakat, amelyek besorolása nem változik a két időpontban, figyelembe véve azt is, hogy a környezeti feltételek különbözőek (4. ábra).



4. ábra. A stabil besorolású holtmedrek (1: nem bepárlódott, 2: átmeneti, 3: bepárlódott)

A májusi mintavételnél (5. ábra) azért tértünk el a 3 klaszteres megoldástól, mert feltételezésünk szerint a tavaszi áradás során a hullámtéren belüli holtmedrek vize elvileg ugyanolyan izotóparányokkal jellemezhető, míg a mentett oldaliak egy ettől eltérő csoportba kell, hogy tartozzanak. Itt tehát egy tiszai vízzel feltöltött holtmedrekből álló és egy a Tiszával kapcsolatban nem álló csoport elkülönülését vártuk. Az eredmények ezt a várakozásunkat alá is támasztják, de a két elkülönülő klaszterben a hullámtéri holtmedrek között találunk 3 (nyilakkal jelölt) mentett oldalit is. Az eltérések azonban épp azokat a holtmedreket azonosítják, amelyek vízpótlása a relatív helyzettel nem magyarázható. Ezek a Zalkod melletti, a zsurki és a nagyari holtmedrek voltak. Mindhárom esetben egyértelműen vízbevezetés van (csatornából, illetve a holtmeder mederágának kavicsos szivárgó rétegein keresztül).



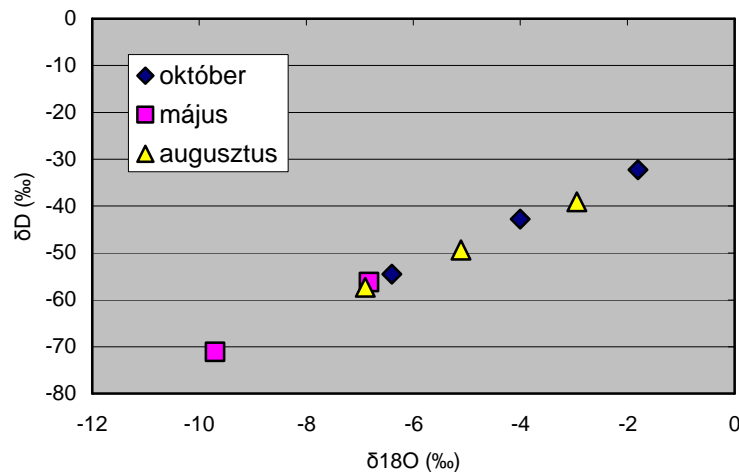
5. ábra. A májusi mintavétel stabilizotóp-vizsgálatának dendrogramja

A középérték mutatói közül a mediánt választottuk ki az elemzéshez, mivel a változók egy része nem normál eloszlású volt. Az 1. táblázatban összefoglaltuk a  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta\text{D}$  értékek klaszterenként összesített mediánjait, ahol már jelentéssel is elláttuk az egyes klasztereket.

1. táblázat. A klaszterek stabilizotópjainak mediánjai

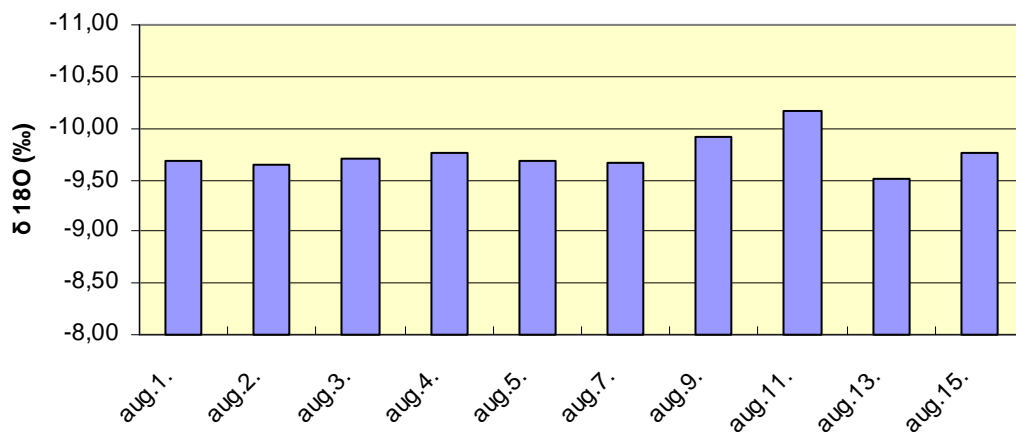
<b>mintavétel</b>	<b>klaszterek</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> (‰)</b>	<b><math>\delta\text{D}</math> (‰)</b>
október	nem bepárlódott	-6.4	-54.5
	átmeneti	-4	-42.8
	bepárlódott	-1.8	-32.3
május	nem bepárlódott	-9.7	-71.1
	bepárlódott	-6.828	-56.2
augusztus	nem bepárlódott	-6.898	-57.302
	átmeneti	-5.108	-49.344
	bepárlódott	-2.941	-39.094

A 6. ábrán mindhárom mintavétel klasztereinek medián értékeit ábrázoltuk, ahol a különböző színek a mintavételeket jelentik, maguk a pontok pedig az ahhoz tartozó klasztereket. Láthatjuk, hogy ezek is kb. egy egyenesen helyezkednek el; a májusi pontok a legnegatívabbak, az októberi pontok pedig a legpozitívabbak. E szerint a klaszteranalízis is alátámasztja azt a feltevést, miszerint egyes holtmedrek közvetlen kapcsolatban állnak a Tiszával, míg mások az áradásokon kívül nem kapnak utánpótlást a Tiszából.



6. ábra. A klaszterek mediánjai a 3 mintavételi időpontban

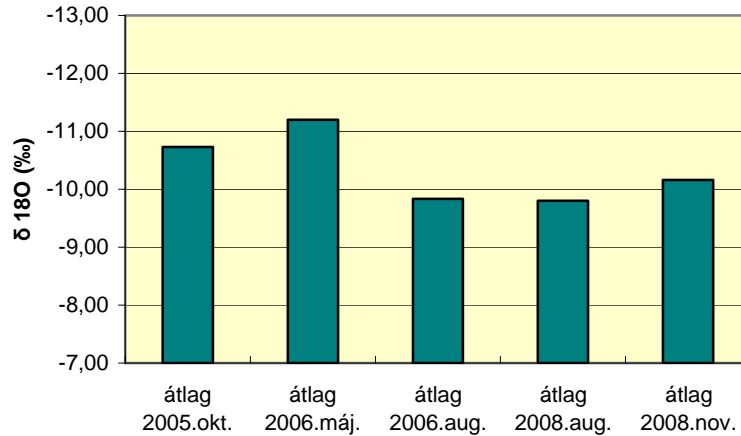
A következőkben áttérünk a 2008-as mintázási időszak eredményeinek bemutatására. A 7. ábrán az augusztusi sorozatminta diagramját láthatjuk. Azért csak a  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket tüntettük fel, mert a vízmolekulák egyszerre tartalmazzák az O és H atomokat, ezért az izotóparány-eltolódás értékeik között egyenes arányosság van, vagyis egyszerre változnak. A mintákat aug. 1-én kezdtük el venni, ekkor tetőzött a Tisza, kb. 1,2 m-rel az I. fokú árvízvédelmi készültségi szint felett. A mintákat napi rendszerességgel vettük aug. 5-ig (ekkor csökkent a vízszint I. fokú árvízvédelmi készültségi szint alá), ezután pedig kétnaponta aug. 15-ig, amikor már visszaállt a Tisza az átlagos vízmagasságára. Az ábra alapján láthatjuk, hogy az árvíz levonulása és maga az árvíz sem befolyásolja jelentősen az izotóparány-eltolódásokat, az eredmények ilyenkor is szűk határok között mozognak.



7. ábra. A Tisza izotóparány-eltolódás értékei Timárnál

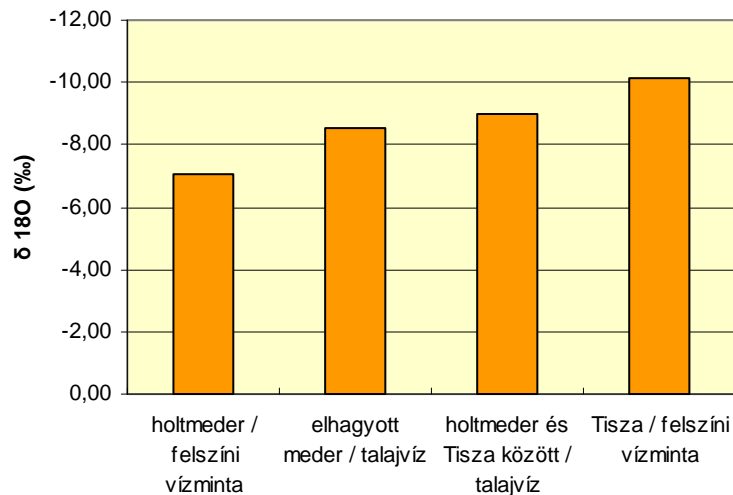
Az előző ábra kiegészítéseként szeretnénk bemutatni a következőt (8. ábra) is. Ezen az ábrán átlagoltunk a 2008. augusztusi eredményeket, valamint az első három mintavétel Tiszára vonatkozó adatait is. Ez az ábra is azt bizonyítja, hogy a Tisza viszonylag egységes képet mutat a stabilizotópok alapján. A két augusztusi mintavétel eredményei csaknem azonosak (a 2006-os -9,83; a 2008-as -9,80), pedig a 2006-os minták a Felső-Tisza 8 különböző pontjáról lettek véve. A 2006. májusi adatsor lóg ki egy kicsit. Ez azzal

magyarázható, hogy a Tiszán ekkor a hóolvadásból származó víztöbblet vonult le, és mi ennek az utóhatását mértük ki akkor (a hó  $\delta$  értéke negatívabb az esőénél).



8. ábra. A Tisza izotóparány-eltolódás értékeinek összehasonlítása

2008 novemberében négy települést választottunk ki. Gávavencsellőre, Tiszahátra, Mezöládányra és Gulácsra esett a választás, mivel a jó megközelíthetőség volt a fő szempont, és az, hogy viszonylag távol legyenek egymástól. A 9. ábrán együtt értékeltük az izotóparányokat a négy település esetében. Láthatjuk a talajban végbemenő fokozatos átmenetet a Tisza és a holtmedrek között. Vagyis a vízvezető rétegeken keresztül, különösen a már elhagyott folyómederben, végbemehet a Tisza vizének szivárgása. Ami igazából végbe is megy, de az eredmények alapján nem jut be a holtmederbe, hiszen annak  $\delta$  értéke jóval pozitívabb, mint a Tiszáé. A szivárgás, mozgás közben azonban párologhat a víz, így az izotóparányok is pozitív irányba tolódnak. Az eredményekből arra is következtethetnénk, hogy a Tisza vize elér a holtmedrekhez, és a tavi vízmozgás, valamint a párolgás következtében tolódnak az értékek pozitív irányba, de a talajvíz magassága ezen holtmedrek fenékszintje alatt van.



9. ábra. A felszíni víz- és talajvízminták összehasonlítása



## 5. Összegzés

A felső-tiszai holtmedrek felszíni vízmintáinak izotópanalitikai vizsgálatai során megállapítottuk, hogy a Tisza vizének vizsgált jellemzői jelentősen elkülönülnek a holtmedrek paramétereitől. A legnagyobb hasonlóság is csak a 2006. tavaszi áradás levonulása után vett minták eredményeinél vehető észre. E minták közül is csak a hullámtéri holtmedrek stabilizotóp-arányai hasonlítanak a Tiszához (egyetemes csapadékvonalon helyezkednek el). Tehát a holtmedrek nagy része valószínűleg csak akkor lép kapcsolatba a Tiszával, amikor az kilép a medréből és elárasztja a hullámteret.

A holtmedrek többségében a felszín alatti kapcsolat is kizárható, mert ha mégis lenne, nyomait az izotóparány-eltolódások mérése során észlelnünk kellett volna, ehelyett mi folyamatos, pozitív irányba való eltolódást tapasztaltunk. Egyes holtmedrek esetében azonban az izotóparányok a nyári meleg hatására csak kevésbé tolódtak el pozitív irányba, ami azt bizonyítja, hogy ezek vízkészlete felszín alatti szivárgással a Tiszából táplálkozhat, ezért a csapadékszegény időszak alatt sem észlelhető olyan mértékű bepárlódás, mint azoknál a holtmedreknél, amelyek utánpótlásra csak a csapadékból számíthatnak.

Ezeket a megállapításokat statisztikai módszerrel is alátámasztottuk. A klaszterek mediánjainak ábrázolása során megmutatkoztak a különböző bepárlódottsági fokú csoportok mindhárom mintavételi időszakban.

A talajvízminták mérésével a holtmedrek vízpótlásának vizsgálata más szemszögből is megközelíthető. Eszerint a talajban végbemehet olyan (lassú) áramlás, amelyet a holtmeder vízmintáiban már nem tudunk kimutatni.

A kutatást a 68566 sz. OTKA támogatta.

## 6. Irodalomjegyzék

- Braun M. 1998. Tavak, lápok és a környezet múltbeli állapotváltozásainak történeti rekonstrukciója az üledék elemösszetétele alapján, PhD értekezés, KLTE, Debrecen, 133 p.
- Craig, H. 1961: Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133: 1702-1703.
- Clark I.D. – Fritz P. 1997: *Environmental isotopes in Hydrogeology*. CRC Press, Boca Raton, USA, 328 pp.
- Fűrj D. 2005. Izotóp-hidrológiai vizsgálatok a Tisza mentén. Diplomamunka. Debreceni Egyetem. 63 p.
- Pálfi I. 2001. Magyarország holtágai, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 82 p.
- Schoeller D. 1990. Changes in isotopic background. In: Prentice, A. M. ed.: *The Doubly-labelled Water Method for Measuring Energy Expenditure*. International Atomic Agency. Vienna
- Schoeller D. – Coward A. 1990. Isotope fractionation corrections. In: Prentice, A. M. ed.: *The Doubly-labelled Water Method for Measuring Energy Expenditure*. International Atomic Agency. Vienna
- Svingor É. – Balogh K. 2003. A stabilizotópok és nemesgázok szerepe vízbázisok vizsgálatában. In: Kiss Á. Z. (szerk.): *Fejezetek a környezetfizikából*, Kossuth Egyetemi kiadó, Debrecen, p. 227-275.
- Wittner I. – Dévai Gy. – Kiss B. – Müller Z. – Miskolczy M. – Nagy S. A. 2004. A Felső-Tisza menti holtmedrek állapotfeltárása. 1. rész: Állapotfelmérés, *Hidrológiai Közöny*, 2004. 84. évf.
- Wittner I. – Dévai Gy. – Kiss B. – Müller Z. – Miskolczy M. – Nagy S. A. 2005. A Felső-Tisza menti holtmedrek állapotfeltárása. 2. rész: Állapotértékelés, *Hidrológiai Közöny*, 2005. 85. évf.